

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-162275

(43)Date of publication of application : 23.06.1995

(51)Int.Cl.

H03K 3/84

A63F 7/02

(21)Application number : 05-340404

(71)Applicant : OKUMURA YUKI KK  
IKEGAMI TSUSHINKI CO LTD

(22)Date of filing : 09.12.1993

(72)Inventor : TSUYUSAKI NORIHIRA  
UENO SHUNJI

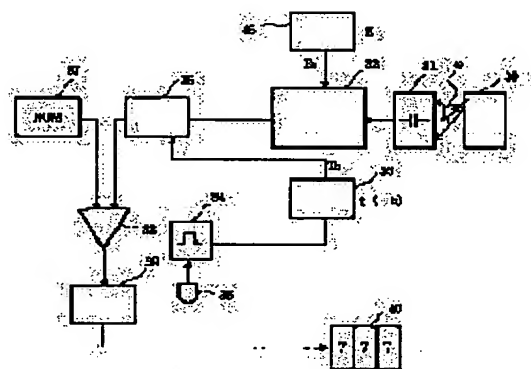
## (54) RANDOM PULSE GENERATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To almost completely generate random hit probability by setting up an a exposure solid angle, counting time and a reference value in accordance with a target probability and utilizing the natural decay probability of RI for generation probability.

CONSTITUTION: A detector 31 detects  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  rays in a solid angle radiated from americium Am241 in a radioactive capsule and outputs a detection signal to a discrimination circuit 32. The circuit 32 selects the  $\alpha$  rays in accordance with an energy spectrum, counts them over a prescribed time and outputs a count value to a counter 36. A comparator circuit 38 compares an accumulated value (x) in the counter 36 with a reference value  $K_0$  in a ROM 37, and when the value (x) coincides with the value  $K_0$ , outputs a coincident signal (p) to a driving circuit 39. The circuit 39 outputs a hit display.

When the signal (p) is not outputted, the circuit 39 displays a failure number. A setting circuit 33 receives a start pulse from a starting circuit 34 and unmask counting time. The sensor 34 detects the entrance of a pinball into a prize port 35 in a pinball machine and generates a start pulse.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3367729

[Date of registration] 08.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In a point that catch each [ these ] radiation as a particle which holds predetermined energy level, and radiation distribution of these particles follows distribution of an exponential function about alpha and beta which a radioactive material emits, and a gamma ray, and this exponential function Probability  $P_k$  for the number of said particle emitted to be  $k$  pieces in the predetermined time section A point displayed by distribution formula of poisson, and enumerated data of a particle detected in a radiation detector paying attention to the number  $k$  of said particle being emitted at random according to fixed probability, In a random pulse generator made to generate a pulse per when a reference value which gives fixed probability set up beforehand is compared and these are in agreement While meeting the feeble radioactive substance and the radioactive substance, being arranged and occupying a predetermined contamination solid angle A semiconductor sensing element which changes said particle into an electrical signal of reinforcement corresponding to the energy level, An amplifying circuit which is made to generate a time constant signal and is amplified from this electrical signal, and a medium wave high discriminator which discriminates from that this time constant signal of whose is the energy level of a range on the strength corresponding to said particle, A tidal-wave high discriminator which distinguishes as a noise that whose time constant signal is the high energy level more than reinforcement corresponding to said particle, A low pulse-height discriminator which distinguishes as a noise that whose time constant signal is the low energy level below reinforcement corresponding to said particle, A counting circuit which carries out the coefficient of said signal from which it was discriminated as the number of said particle, and holds it, this counting circuit — receiving — counting — with a setting-out circuit which sets up gate time which makes actuation continue possible [ modification ] by programming Memory which sets up a reference value which gives target probability possible [ modification ] by programming, It consists of a comparison circuit which will output a pulse if enumerated data held within said gate time in said counting circuit are compared with said reference value and it is in agreement. Said contamination solid angle, A random pulse generator characterized by said gate time and having set up said reference value according to aim probability, and enabling setting out of various kinds of hit probability.

[Claim 2] A random pulse generator characterized by determining a reference value of the number which measures said how many particles are emitted about said gate time many times, extracts a fixed probability graph from the frequency of occurrence of the number  $k$  which is this measurement value, and gives target probability from this probability graph.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the random pulse generator made to generate a pulse at random by carrying out counting of the radiation (alpha, beta, gamma ray) of the breaking particle emitted at random from the radioactive substance.

[0002]

[Description of the Prior Art] The hit is generated, when [ which it hit and was in agreement with the numeric value ] the ball went into the winning-a-prize hole etc., and generating of the random digits which were created by software and written in ROM is suspended and it is conventionally set up beforehand with the random digits at that time in the pachinko machine and the game machine. In the Prior art mentioned above, since the numeric value of a predetermined value was circulated a certain period, the bias was in the hit instead of perfect random digits. Moreover, since the random digits created by the program were written in ROM, injustice might be easily performed by changing with ROM which changed the probability of a hit, or putting into ROM a program which the hit beyond the probability approved according to some conditions generates in the form which discovers and is hard to be carried out from reputation. Incidentally, the corruption case which changed the probability in a pachinko parlor in the newspaper paper [ from / the summer of Heisei 5 / in autumn ] is reported.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In a conventional pachinko machine and a conventional game machine, as a method of obtaining the random number which generates a hit, this circulation that was circulating the numeric value of a predetermined number a certain period had not perfect random digits but the trouble that a bias was in a hit, in order to be dependent on an internal clock. Moreover, since the random digits created by the program were written in ROM, there was a problem that ROM which changed probability, and ROM of normal were convertible. Since this invention uses the radiation which collapses automatically, it aims at offering the random pulse generator without a bias which cannot perform injustice. There is Japanese Patent Application No. No. 100164 [ five to ] by the same artificer in point \*\* to which this application relates. This invention abolishes a bias to a hit and aims at offering the random pulse generator which does not have a bias in a hit to the method of opting for generating of a hit under the predetermined probability equivalent to more perfect random digits.

[0004]

[Means for Solving the Problem] A point that catch each [ these ] radiation as a particle which holds predetermined energy level, and radiation distribution of these particles follows distribution of an exponential function about alpha and beta which a radioactive material emits, and a gamma ray in order that this invention may attain the above-mentioned object, In this exponential function, the probability  $P_k$  for the number of a particle emitted to be  $k$  pieces in the predetermined time section A point displayed by distribution formula of poisson, and enumerated data of a particle detected in a radiation detector paying attention to the number  $k$  of a particle being emitted at random according to fixed probability, In a random pulse generator made to generate a pulse per when a reference value which gives fixed probability set up beforehand is

compared and these are in agreement While meeting the feeble radioactive substance and the radioactive substance, being arranged and occupying a predetermined contamination solid angle A semiconductor sensing element which changes a particle into an electrical signal of reinforcement corresponding to the energy level, An amplifying circuit which is made to generate a time constant signal and is amplified from this electrical signal, and a medium wave high discriminator which discriminates from that this time constant signal of whose is the energy level of a range on the strength corresponding to said particle, A tidal-wave high discriminator which distinguishes as a noise that whose time constant signal is the high energy level more than reinforcement corresponding to a particle, A low pulse-height discriminator which distinguishes as a noise that whose time constant signal is the low energy level below reinforcement corresponding to a particle, a counting circuit which carries out counting of the signal from which it was discriminated as the number of a particle, and holds it, and this counting circuit -- receiving -- counting -- with a setting-out circuit which sets up gate time which makes actuation continue possible [ modification ] by programming When memory which sets up a reference value which gives target probability possible [ modification ] by programming was compared with enumerated data and a reference value which were held within gate time in a counting circuit and it was in agreement, it considered as a comparison circuit which outputs a pulse, or a becoming random pulse generator.

[0005]

[Function] A contamination solid angle, gate time, and a reference value were set up according to aim probability, and setting out of various kinds of hit probability was enabled. By using for the probability of occurrence the probability in which RI carries out spontaneous disintegration, natural random probability is generated and various probability can be generated if needed according to a mathematical operation.

[0006]

[Example] Next, this invention is explained according to a drawing. The example of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 5 is drawing showing the principle of the random pulse generator concerning this invention. The nuclear species of nature or the artificial radioactive substance collapse according to the predetermined decay constant of each matter proper, in case [ that ] spontaneous disintegration of alpha, beta, and the gamma ray is emitted and carried out. As the page 10 of the Nikkei newspaper evening paper on November 24, Heisei 5 has a publication, the process (breaking) in which an instability atom gives off radiation and turns into other atoms happens by "the fixed probability decided by the atomic class." In this application, the radioactive substance of the minute amount which does not have effect in the body is used. In the radioactive substance of a minute amount, he is Britain at this application. Amersham AMERISHUMU 241 Am widely used for the smoke detector in shrine Japan is used. alpha and beta which are emitted by \*\*\*\* from such the radioactive substance, and a gamma ray are detected with a predetermined time interval. Since it is easy, it explains paying attention to alpha rays. For example, in AMERISHUMU 241 Am, A pieces are emitted to unit time amount with alpha rays (helium atom) (1-500 pieces/(second)).

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-162275

(43) 公開日 平成7年(1995)6月23日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 K 3/84		Z		
A 6 3 F 7/02	3 1 7			

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平5-340404

(22) 出願日 平成5年(1993)12月9日

(71) 出願人 000121693

奥村遊機株式会社

愛知県名古屋市中区和鶴舞2丁目2番18号

(71) 出願人 000209751

池上通信機株式会社

東京都大田区池上5丁目6番16号

(72) 発明者 露崎 典平

愛知県名古屋市中区和鶴舞2丁目2番18号

奥村遊機株式会社内

(72) 発明者 上野 俊二

茨城県那珂郡那珂町向山1230池上通信機株

式会社水戸工場内

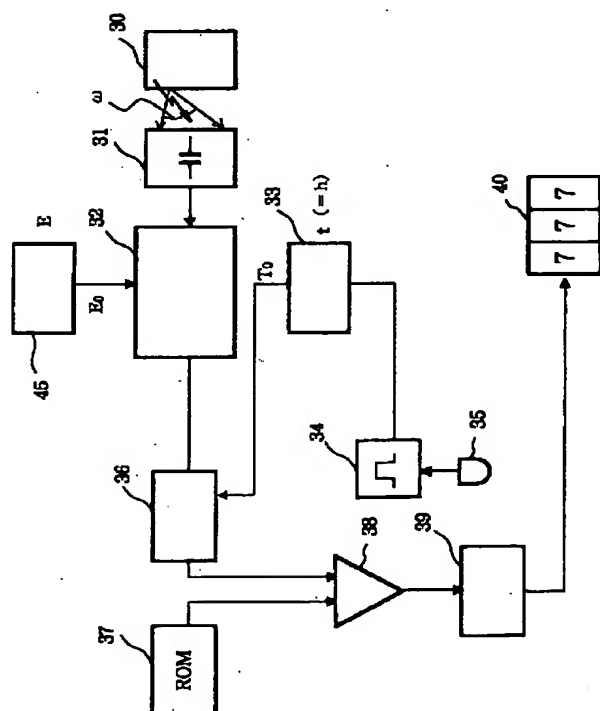
(74) 代理人 弁理士 八嶋 敬市

(54) 【発明の名称】 ランダムパルス発生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 ほぼ完全にランダムな当たり確率を発生する。

【構成】 放射性物質が放射する $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線を所定のエネルギーレベルを保有する粒子として捕え、粒子の個数 $k$ が、一定の確率に従ってランダムに放射されることに着目し、放射線計数回路で検出した粒子の計数値と、予め設定した一定の確率を与える基準値とを比較し、これらが一致した時当たりパルスを発生させるランダムパルス発生装置において、この計数回路に対して計数動作を継続させる計数時間をプログラミングにより変更可能に設定する設定回路33と、目標の確率を与える基準値をプログラミングにより変更可能に設定するメモリ37と、計数時間内に計数回路36に検出された計数値と基準値とを比較し一致したらパルスを出力する比較回路38とからなり、計数時間と基準値を目標に合わせて設定して、各種の当たり確率を設定可能にした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 放射性物質が放射する  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  線について、これら各放射線を所定のエネルギーレベルを保有する粒子として捕え、これらの粒子の放射分布が指数関数の分布に従う点と、この指数関数において、放射される前記粒子の個数が、所定時間区間で  $k$  個である確率  $P_k$  は、ポアソンの分布式で表示される点と、前記粒子の個数  $k$  が、一定の確率に従ってランダムに放射されることに着目し、放射線検出回路で検出した粒子の計数値と、予め設定した一定の確率を与える基準値とを比較し、これらが一致した時当たりパルスが発生させるランダムパルス発生装置において、

微弱な放射性物質と、放射性物質に対面して配置され所定の被爆立体角を占有するとともに、前記粒子をそのエネルギーレベルに対応した強度の電気信号に変換する半導体検出素子と、この電気信号から時定数信号を発生させて増幅する増幅回路と、この時定数信号が前記粒子に対応した強度範囲のエネルギーレベルであるものを弁別する中波高弁別器と、時定数信号が前記粒子に対応した強度以上の高エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する高波高弁別器と、時定数信号が前記粒子に対応した強度以下の低エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する低波高弁別器と、前記弁別された信号を前記粒子の個数として係数し保持する計数回路と、この計数回路に対して計数動作を継続させる計数時間をプログラミングにより変更可能に設定する設定回路と、目標の確率を与える基準値をプログラミングにより変更可能に設定するメモリと、前記計数時間内に前記計数回路に保持された計数値と前記基準値とを比較し一致したらパルスを出力する比較回路とからなり、

前記被爆立体角と、前記計数時間と、前記基準値を目標確率に合わせて設定して、各種の当たり確率を設定可能にしたことを特徴とするランダムパルス発生装置。

【請求項 2】 前記計数時間について前記粒子が何個放射されるかを多数回計測し、この計測値である個数  $k$  の出現頻度から一定の確率グラフを抽出し、この確率グラフから目標の確率を与える個数の基準値を決定するようにしたことを特徴とするランダムパルス発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、放射性物質からランダムに放射される崩壊粒子の放射線 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  線) を計数することにより、ランダムにパルスが発生させるランダムパルス発生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、パチンコ機、ゲーム機において、入賞穴等に玉がはいると、ソフトウェアによって作成され ROM に書込まれた乱数の発生を停止し、その時の乱数と予め設定されていた当たり数値と一致した時、当たりを発生させている。前述した従来の技術では、所定値

の数値をある周期で循環させていた為、完全な乱数ではなく当たりに偏りがあった。また、プログラムにより作成された乱数を ROM に書き込んであった為、当たりの確率を変更した ROM と変換したり、ある条件により認可された確率以上の当たりが発生する様なプログラムを、外周から発見されにくい形で ROM に入れることにより、容易に不正が行われることがあった。ちなみに、平成 5 年夏から秋にかけて新聞誌上で、パチンコ店における確率を変更した不正事件が報じられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来のパチンコ機及びゲーム機では、当たりを発生させるランダム数を得る方法として、所定数の数値をある周期で循環させていた、この循環は内部クロックに依存するため、完全な乱数ではなく、当たりに偏りがあるという問題点があった。また、プログラムにより作成された乱数を ROM に書き込んであったので、確率を変更した ROM と正規の ROM とを変換できるという問題があった。本発明は、自然に崩壊する放射線を利用するので、偏りのない、不正を行うことのできないランダムパルス発生装置を提供することを目的とする。本願が関連する先願には、同一発明者による特願平 5-100164 号がある。本発明は、当たりに偏りをなくし、より完全な乱数に相当する所定確率下での当たりの発生を決定する方法と、当たりに偏りのないランダムパルス発生装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記目的を達成するために、放射性物質が放射する  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  線について、これら各放射線を所定のエネルギーレベルを保有する粒子として捕え、これらの粒子の放射分布が指数関数の分布に従う点と、この指数関数において、放射される粒子の個数が、所定時間区間で  $k$  個である確率  $P_k$  は、ポアソンの分布式で表示される点と、粒子の個数  $k$  が、一定の確率に従ってランダムに放射されることに着目し、放射線検出回路で検出した粒子の計数値と、予め設定した一定の確率を与える基準値とを比較し、これらが一致した時当たりパルスが発生させるランダムパルス発生装置において、微弱な放射性物質と、放射性物質に対面して配置され所定の被爆立体角を占有するとともに、粒子をそのエネルギーレベルに対応した強度の電気信号に変換する半導体検出素子と、この電気信号から時定数信号を発生させて増幅する増幅回路と、この時定数信号が前記粒子に対応した強度範囲のエネルギーレベルであるものを弁別する中波高弁別器と、時定数信号が粒子に対応した強度以上の高エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する高波高弁別器と、時定数信号が粒子に対応した強度以下の低エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する低波高弁別器と、弁別された信号を粒子の個数として計数し保持する計数回路と、この計

数回路に対して計数動作を継続させる計数時間をプログラミングにより変更可能に設定する設定回路と、目標の確率を与える基準値をプログラミングにより変更可能に設定するメモリと、計数時間内に計数回路に保持された計数値と基準値とを比較し一致したらパルスを出力する比較回路とかなるランダムパルス発生装置とした。

【0005】

【作用】被爆立体角と、計数時間と、基準値を目標確率に合わせて設定して、各種の当たり確率を設定可能にした。R I の自然崩壊する確率を、発生確率に利用することにより、自然なランダムな確率を発生し、また、数理演算に応じて各種確率を必要に応じて発生できる。

【0006】

【実施例】次に、本発明を図面に従って説明する。本発明の実施例について図面を参照して説明する。図5は本発明に係るランダムパルス発生装置の原理を示す図である。天然または人工放射性物質の核種は、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線を放射して自然崩壊する、その際、各物質固有の所定の崩壊定数に従って崩壊する。平成5年11月24日の日経新聞夕刊10頁に記載があるように、不安定原子が放射線を出して他の原子になる過程（崩壊）は”原子の種類によってきまる一定の確率”で起こるものである。本願では人体に影響のない微量の放射性物質を利用する。微量の放射性物質には本願では英国のAmersham社製の日本で広く煙検知器に利用されているアメリシウム241 Amを利用している。このような放射性物質から相次で、放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線は所定の時間間隔で検出さ

$$P_k = e^{-\lambda t} \cdot (\lambda h)^k / k! \quad (2)$$

ここで $k=0$ で1, 2, 3, ...,  $k!$ は $k$ の階乗である。この分布はポアソン分布であり、時間区間の始点 $a$ に無関係で、その平均値は $\lambda h$ である。よって単位時間に放射される平均 $\alpha$ 線数は $h=1$ 時間として $\lambda$ となる。式(2)を、個数 $k$ について解き、次の式を得る。即ち、

$$k = G(e \cdot P_k \cdot \lambda \cdot h) \quad (3)$$

となる。ここで、 $e$ は自然対数、 $\lambda$ はアメリシウムAmの崩壊定数、確率 $P_k$ を例えば $1/220$ とし、 $h$ をCPU等の制御回路のclockの周波数 $f$ または $1/f$ で適当に設定する。

【0009】確率 $P_k=1/220$ はパチンコ機業界や法律で定めた当たり確率であり、適度の射幸心を誘い、ギャンブル性に走らない、健全なゲームであるための適正確率である。また周波数 $f$ は現在のCPUでは20MHzなので $h$ も確定できる。また、 $k$ は所定の検出器で検出できる $\alpha$ 線の粒子数である。さて、本願発明者は上記R Iによる乱数の原理を解明し、例えば $\alpha$ 線の粒子数を検出する放射線検出装置を応用したランダムパルス発生装置を製作した。

【0010】図4において、放射性カプセル30には、人体に無害な微量の $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線を放出する人工の放射

れる。簡単のために、 $\alpha$ 線に注目して説明する。例えば、アメリシウム241 Amでは、 $\alpha$ 線（ヘリウム原子）がある単位時間にA個放出される（1～500個/秒）。しかしながら、ある単位時間にA個放出されるといっても、自然現象であるため、ある単位時間に20個放出される場合、36個放出される場合、全然放出のない場合等がある。ただ長時間計測すれば、ある単位時間に一の確率でA個放出され、他の確率でB個放出されるという事実である（詳細は後述する）。

【0007】自然崩壊を表す指数分布の関数は図5のグラフを表す式、

$$F(t) = A e^{-\lambda t} \quad (1)$$

で表される密度関数である。以下 $\{\}$ 内は指数を示す、この平均値は $1/\lambda$ となる。この平均値は、 $\alpha$ 線1個の放射時間間隔の平均値に当たり、従ってある単位時間に検出される $\alpha$ 線の個数は $1/(1/\lambda) = \lambda$ となる。この $\lambda$ の崩壊定数は、アメリシウムAmについてのみならず、現存する核種についてはほぼ正確に知られている。 $\alpha$ 線の放射を検出するには検出時間間隔を測定するよりもある時間帯に放射される $\alpha$ 線の個数を検出するのが簡単である。アメリシウムの崩壊は1個の $\alpha$ 線の放射時間間隔が指数関数 $F$ に合うので、ある時間帯に放射される $\alpha$ 線の個数を検出すればよい。

【0008】放射分布が指数分布を示す関数 $F(t) = A e^{-\lambda t}$ に従う時、任意の時間 $a$ における観測時間区間 $h$ 、 $(a, a+h)$ 内に崩壊する $\alpha$ 線の個数が $k$ 個である確率 $P_k$ は、次の式で表示できる。

性核種のアメリシウム241 Am が格納されている。この放射性カプセル30から放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線は検出装置31により検出される。検出装置31は放射性カプセル30に接近して検出面を対向して配置してある。放射線は検出装置31でエネルギーレベルに対応した電気信号に変換される。この検出装置31はアメリシウムAmから放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線から、検出装置31が占有する立体角 $\omega$ 内の全粒子を1個づつ漏れなく検出し、検出信号を弁別回路32に出力する。弁別回路32はこれら全放射粒子の信号中から特定の放射能 $\alpha$ 線をエネルギースペクトルに従って選択し、かつ設定された所定の時間 $h$ 以内に選択された $\alpha$ 線を計数する。弁別回路32は計数した値（個数）をカウンタ36に出力する。カウンタ36には崩壊 $\alpha$ 線の計数された個数が、設定時間 $h$ （1秒前後）の分累計されて保持される。

【0011】弁別回路32には設定回路33から所定の時間間隔 $h$ （計測時間）が、可変抵抗器等の入力装置45から、放射性粒子のエネルギーレベルがそれぞれ設定される。カウンタ36の累計値 $x$ と、読み出し専用メモリROM37内の基準値 $k_0$ とが比較回路38で比較される。ROM37には予め当該 $\alpha$ 線について、例えば、確率 $P_k=1/220$ を与える個数 $k_0$ の定数が記録さ



れている。確率 $P_k$ が $1/220$ 以外なら基準値 $k_0$ も変化する。比較回路38は値 $x$ と固定値 $k_0$ とが一致したら、駆動回路39に一致信号 $p$ を出力する。この一致信号 $p$ を受けて、駆動回路39は電子表示装置40に、当たりの表示を出力する。

【0012】一致信号 $p$ がなければ、駆動回路39は外れの表示を出力し、外れの数字が表示される。値 $x$ が固定値 $k_0$ になるかどうかは $1/220$ の確率的なもので、このため一致信号 $p$ も $1/220$ の確率で乱数的に発生する。設定回路33はスタート回路34から起動パルスを受け、計測時間のマスクを開く。センサー34は、パチンコ機では入賞口35に玉が入ったことを検知して起動パルスを発生する。

【0013】図4の放射性カプセル30、検出装置31、弁別回路32、設定回路33、ROM37の構成および機能を図6、7で更に詳しく説明する。本願発明者は、放射性カプセル30と検出装置31とを銅缶の中に封入して、核種に対する放射空間における占有立体角 $\omega$ を固定し、被爆線量の安定化を実現した。検出装置31の被爆線量が安定しないと、計測値が不正確になり、安定した確率を得られなくなる。検出装置31は、ここでは半導体検出器のPINダイオードを例に説明する。他に電離箱、GM管、シンチレーションカウンタ、比較計数管、他の半導体検出器、例えばGe検出器等も検出装置に利用出来る。

【0014】図6において、検出装置31はPINダイオードDと結合コンデンサ $C_c$ と保護抵抗 $R$ と前置増幅器43と時定数を設定する抵抗 $R_f$ 及びコンデンサ $C_f$ と増幅器46から構成されている。PINダイオードDが検出した微弱信号は前置増幅器43、増幅器46で放射線の強度に比例した電圧レベルをもつ放電型のパルス信号に増幅される。ここで前置増幅器43は、FET、トランジスタ等ディスクリート部品で構成した市販のものがあるが、構成部品点数を削減するため本願ではFET入力オペアンプを使用している。増幅器43と増幅器46とは電源電圧を片電源で使用している為、コンデンサ100を介して結合されている。

【0015】PINダイオードDは市販の金属缶封印型を頂面の金属部分を取り去ってシリコン素子の表面を露出させて使用する。放射性カプセル30にPINダイオードDのシリコン面を対向させて、箱形の金属缶内に納めて外部から(天然) $\alpha$ 線が侵入し易いようにした。バイアス電圧 $V$ は保護抵抗 $R$ を介してPINダイオードDに印加され、PINダイオードDは $p-n$ 結合の半導体であって、荷電した $\alpha$ 線が侵入すると不安定電子や不安定正ホールが移動し、いわゆる通電し、PINダイオードDの両端に電圧変動が発生する。

【0016】この変動電圧は微弱なもので結合コンデンサ $C_c$ を介して前置増幅器43に送られ、そこで電流増幅される。この増幅電流は抵抗 $R_f$ 及びコンデンサ

$C_f$ とにより帰還されて、一般に公知の放電電圧カーブを描く時定数信号 $n$ を増幅器46に出力する。増幅器46はこの時定数信号 $n$ を増幅し、弁別回路32に出力する。図6において、弁別回路32は3回路からなる弁別回路101を備え、各弁別回路は第1比較回路50、第2比較回路51、第3比較回路52からそれぞれ構成されている。各比較回路50~52は集積回路(IC)であり、増幅器46から出力される信号を、放射線による信号と外来のノイズとを分離するための弁別回路である。第1比較回路50は比較用の高電圧 $e_1$ と時定数信号 $n$ とを、第2比較回路51では比較用の低電圧 $e_2$ と時定数信号 $n$ とを、また第3比較回路52は比較用の中間位置電圧 $e_3$ と時定数信号 $n$ とをそれぞれ比較する。

【0017】第1比較回路50の一方の入力端に印加される基準電圧 $e_1$ は図8に示す高波高を弁別する上限電圧で、弁別回路の第1比較回路50は高波高すなわち、高い電圧のパルスをノイズと見なし弁別する回路である。第2比較回路51の一方の入力端に印加される基準電圧 $e_2$ は図8に示す下限波高を弁別する低い電圧で、この弁別回路は低波高すなわち逆に低い電圧のパルスをノイズと見なし弁別する回路である。第3比較回路52の一方の入力端に印加される基準電圧 $e_3$ は時定数信号 $n$ そのものの波高の中間の電圧( $e_1$ と $e_2$ の間ではない)で、この弁別回路は、中間以上の電圧で弁別し、タイミング信号を発生させる。中間の電圧は、正確には図8に示す時定数信号 $n$ (全信号をまず拾い、後で区別するため)の中間位置の電圧である。これら各基準電圧は $e_1$ 、 $e_2$ 、 $e_3$ の順に低くなっており、エネルギーレベルによって予め決定された通りに設定されている。

【0018】荷電した $\alpha$ 線が半導体検出素子に侵入して、結合の弱い不安定電子や不安定正ホールを移動させて、PINダイオードDの両端に電圧変動を発生させる。フリップフロップの集積回路(IC)からなるキャンセル回路53、第1遅延回路54、第1矩形パルス発生回路56、第2遅延回路55、第2矩形パルス発生回路58、第3矩形パルス発生路59は、弁別回路の各比較回路50~52によって弁別された信号のタイミング調整回路である。これらの相互動作について図8を参照して以下に説明する。

【0019】第1比較回路50は時定数信号 $n$ が $e_1$ より高いノイズであると、第1弁別信号 $A_1$ をキャンセル回路53に出力し、キャンセル回路53は第1弁別信号 $A_1$ をうけてキャンセル信号 $c$ を出力する。

【0020】第2比較回路51は時定数信号 $n$ が $e_2$ より高い $\alpha$ 線の信号であると、第2弁別信号 $A_2$ を第1遅延回路54に出力し、第1遅延回路54は第2弁別信号 $A_2$ を受けてその立ち上がり時に、第2弁別信号 $A_2$ よりも持続時間が約数倍長い第1遅延信号 $D_1$ を第1矩形パルス発生回路56に出力する。第1矩形パルス発生路56は第1遅延信号 $D_1$ を受けてその立ち下がり時に、

第1判定信号J1を出力する。キャンセル回路53からのキャンセル信号cは第1遅延回路54に送られており、キャンセル信号cを第1遅延回路54が受信した時には、第1遅延信号D1の出力を停止する。

【0021】第2弁別信号A2はまた第2遅延回路55にも出力され、第2遅延回路55は、第2弁別信号A2を受けてその立ち下がり時に、第2遅延信号D2を第2矩形パルス発生路58に出力する。この第2遅延信号D2は第2弁別信号A2よりも持続時間が約数倍長く、第1遅延信号D1と終了時間が同時である。第2矩形パルス発生路58は第2遅延信号D2を受けてその立ち下がり時に、第2判定信号J2を出力する。キャンセル回路53からのキャンセル信号cは第2矩形パルス発生路58にも送られており、キャンセル信号cを第2矩形パルス発生路58が受信した時には、第2判定信号J2の出力を停止する。これはe2より高い電圧は、 $\alpha$ 線の信号と高波高のノイズ信号も含み、ノイズ信号はキャンセル信号cで排除している。

【0022】第3比較回路52は時定数信号nがe3より高いと結果として第3弁別信号A3を第3矩形パルス発生路59に出力する。第3矩形パルス発生路59は第3弁別信号A3を受けてを受けてその立ち下がり時に、第3判定信号J3を出力する。3種の第1、2、3判定信号J1、J2、J3は第1AND回路60の条件入力端に輸入され、第1AND回路60はこれら3種の条件が揃うと検出信号Kを第2AND回路62の一方の条件入力端に出力する。図7において、第2AND回路62の他方の入力端には、設定回路33からマスクパルスhが入力されている。このマスクパルスhの持続時間の間、第2AND回路62は順次到来した検出信号Kを取り込み、カウンタ36に出力する。カウンタ36は計数機能を備えた到来した検出信号Kを累積しながら保持する。

【0023】前置増幅器43と増幅器46の増幅度や規格が設定されると、増幅器46から出力される時定数信号n、即ち電圧変動値は、 $\alpha$ 線について予測でき、 $V = V_0 \cdot e \{ -a \cdot R_f \cdot C_f \cdot t \}$ で決定ができる。具体的には、 $\alpha$ 線の場合は、全体的に弁別回路32の設計仕様に合わせて決まるその電圧変動値は、高い電圧がe1と低い電圧がe2との間になるように決定する。従って、本実施例の弁別回路32上では、観測した電圧変動値が高い電圧e1と低い電圧e2との間の時のみ、 $\alpha$ 線として計数するようにする。電圧変動値が高い電圧e1以上の場合は、その影響をもたらした原因は落雷やモーター等の火花による高いエネルギーによる場合が殆どであり、 $\alpha$ 線ではないので雑音と見做し、粒子数には計数しない。また、電圧変動値が低い電圧e2以下の場合は、減衰した自然放射線であったり、PINダイオードDの内在雑音による場合が殆どであり、 $\alpha$ 線ではないので雑音として計数しない。

【0024】電圧変動値は本実施例の弁別回路32で

は、0Vから約3.5Vの間である、従って高い電圧e1を4.5Vに、低い電圧e2を1.3Vに設定した。また、時定数信号nの放電時間は最大40 $\mu$ secであり、1秒間に3万～4万個の $\alpha$ 線（ヘリウム粒子）が到来しても計数可能な分解精度である。アメリカシウムの崩壊数はせいぜい約1～500個/秒であるので、回路上の信号遅れやパルスの立ち上がり精度のバラツキ等を計算にいれても、高い精度で検出が可能である。

【0025】さて、図8において、横軸には時間の経過とともに放電する各種の時定数信号nをn1、n2、n3、n4に、縦軸には図1の弁別回路32の各点での信号波形を波高の形に、示している。まず、電圧変動値が $\alpha$ 線（ヘリウム粒子）を示す、いわゆる正定信号n1

（高い電圧e1と低い電圧e2との間の時のとき）は、低い電圧e2以上の電圧変動値の部分が図1の第2比較回路51にて検出されて（高い電圧e1はないので第1比較回路50では何も検出されず）、第2弁別信号A2が生成され、第1遅延回路54に出力される。この第2弁別信号A2は立ち上がりと同時に第1遅延回路54で幅広の第1遅延信号D1を発生し、第1矩形パルス発生路56に出力する。この第2弁別信号A2は第2遅延回路55にも出力され、この第2弁別信号A2は立ち下がりと同時に第2遅延回路55でやや幅広の第2遅延信号D2を発生し、第2矩形パルス発生路58に出力する。第1矩形パルス発生路56は第1遅延信号D1を受けてその立ち下がり第1判定信号J1を60に出力し、同時に第2遅延回路58は第2遅延信号D2を受けてその立ち下がり（持続時間はD1>D2で立ち下がりが一致するように設定される）で、第2判定信号J2を第1AND回路60に出力する。

【0026】また、電圧e3以上の部分に相当する中間位置の電圧部分が第3比較回路52にて検出されて、第3弁別信号A3が生成され第3矩形パルス発生路59に出力される。この第3弁別信号A3の立ち下がりと同時に第3矩形パルス発生路59は第3判定信号J3を発生し、第1AND回路60に出力する。第1AND回路60は、第1判定信号J1、第2判定信号J2、第3判定信号J3、が全部揃った時にのみ、検出信号Kを出力する。これまでを整理すると、図8に示す様に、低波高検出電圧より高く、高波高検出電圧より低い信号パルスを放射線により発生したパルスと見なし、これに中間波高値により発生させたタイミング信号を第1AND回路60に加えて、検出対象である放射線による信号のみを通過させる。なお、これらの信号のタイミングを取るためにパルス幅を制御できるマルチバイブレータを使用しているが、一般的に発振子による周波数を計数とすることによってパルス幅を制御することが可能である。

【0027】第1AND回路60は、第1判定信号J1、第2判定信号J2、第3判定信号J3、が全部揃った時にのみ、検出信号Kを第2AND回路62に出力す

る。第2 AND回路62は設定回路33からパルスの形式で与えられた有効期間hに到来（発生）する検出信号Kを通過させて、カウンタレジスタ36に出力する。図6において、全ての波高弁別信号A1、A2、A3を計測することにより、本装置が正常に作動しているか否かの確認が出来る。全ての波高弁別信号A1、A2、A3を計測し何れの信号が定期的に発生しているのかを検出することにより、不正が行われているか否かを監視することが出来る。図4の設定回路33、カウンタ36、ROM37、比較回路38について図7で詳しく説明する。設定回路33は発振器を内蔵する分周器70と6回路のデップスイッチ71からなり、デップスイッチ71の各スイッチを適宜オン・オフして2進数を設定する。各スイッチのオン・オフは6個の給電抵抗を接地したり、非接地して分周器70の各端子をLow/Highに設定する。かくして分周器70の分周比を決め、計測の有効期間hを例えば0.2、0.4、0.5、0.8、1.0、1.5秒等に設定できる。

【0028】計数値を受けるカウンタ36は3の個のシフトレジスタ73、74、75、からなり、加算器を構成する4ビットのシフトレジスタ73、74、75は直列に接続されている。従って、12ビットであり、2の12乗、16X16X16までのパルス数を保持できる。ROM37は3個の4ビットのデップスイッチ76、77、78から構成され、各スイッチのオン・オフは16個の給電抵抗を接地したり、非接地にする。各スイッチのオン・オフにより16ビットの各端子をLow/High(0、1)に設定し、16ビットの2進数を表現できる。

【0029】比較回路38は2個の8ビット比較器80、81からなり、16ビットの比較が可能であるが、比較相手のカウンタ36が12ビットであるため、上位の比較器81の上位4ビットは使用していない。比較回路38の比較器80、81の一方の各端子には、ROM37のデップスイッチ76、77、78のオン・オフによるLow/High信号と、他方の各端子にはカウンタ36のシフトレジスタ73、74、75の端子からLow/High信号とがそれぞれ与えられている。上位

の比較器81の上位4ビット用の両側の端子は共に接地されている、なお図では接地を逆三角で示している。

【0030】比較回路38はROM37の設定値とカウンタ36の計数値とを各ビット毎に比較する。下位比較器80と上位比較器81からの一致信号はAND回路82で集計されて1個のパルスを出力する。さて、ここでカウンタ36には、分周器70で決めた計測の有効期間hを例えば1.0秒間に、計数（加算）した値が保持されている。この計測値とROM37の設置値（基準値）が一致した場合に比較回路38はパルスを出力するが、このパルスを当たりとして使用する。一致の割合は目標の確率例えば、1/220としている。

【0031】このように弁別されたパルスをカウンタ36のシフトレジスタ73、74、75で加算する。ある時間単位で計数された値は、比較回路の比較器80、81によって、あらかじめROM37のデップスイッチ76、77、78に設定されている基準値と比較され一致した場合のみ、当たりのパルスを出力する。設定回路33の分周器70と6回路のデップスイッチ71は、放射線による信号パルスを加算する時間間隔を設定する。カウンタ36のシフトレジスタ73、74、75は、当たりの有無を終了した後リセット信号Rによって計数毎にクリアされる。

【0032】ある一定時間に崩壊する放射線（計数値）は確率法則に従う現象であるから、一定の放射線源を一定時間計数しても、その計数値は常に一定値にはならず、ある平均値Mの付近に分散した値が得られる。この分散はポアリンの分布式

$$p(m) = \frac{M^m}{m!} e^{-M} \dots (1)$$

で与えられる。ここで

p(m)は、一定時間にmカウント（パルス数）が得られる確率

Mは多数回測定した時のmの平均値とし、Mが数十以上になるとガウスの分布式

$$p(m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi M}} e^{-\{(M-m)^2 / 2M\}} \dots (2)$$

{ } 内は指数を表す

と近似的に等しくなる。（図3参照）

【0033】いま、1秒間に356の計数値が得られる放射線と検出器、物理幾何条件を形成した場合、(2)式で計数値が356となる確率は47分の1となる。パチンコ業界や法律で決められた当たりの確率220分の1は、1秒間の計数値が約322.6の時に得られる。この確率は常に一定ではなく、ある時は数回計数しただけで一致する場合、数百回計数しても一致しない場合等があり、ただ多

数回計数した場合、所定の確率になるということである。

【0034】したがって、例えば確率220分の1となる基準値322を、予めROM37に設定しておき、パチンコ機の入賞穴に玉が入った時の計数値が295になったとする。計数値が比較回路38において、設定した基準値と一致した時、当たりとすればランダムな当たりをもつパチンコ機となる。また、放射線源の放射強度（崩壊数）も立体角内で変更できる範囲があるので、カ

プセル30の放射線源と検出ダイオードの距離を調整可能な構造としてある。

【0035】本願発明者が試作した アメリシウムAmの $\alpha$ 線（ヘリウム粒子）を計数するランダムパルス発生装置の観測実験結果を以下に示す。発生確率について、表1の測定データは、1秒（設定回路33からパルスの形式で与えられた有効期間 $h=1.0$ 秒）毎に計数する

測定値	計算値
測定回数	10800回
ピーク値	229CPS
発生確率	$298/10800=1/36.2$ $1/37.9$
	0.0275
選択CPS	200CPS
発生確率	$42/10800=1/257.1$ $1/237$
	0.00389

であり、選択CPSの発生確率にズレが生じている。し  
かし

選択CPS	発生確率 測定値	発生確率 計算値
199CPS	1/270	1/270
200CPS	1/257	1/237
201CPS	1/177	1/210
202CPS	1/180	1/186
203CPS	1/164	1/167

のように、この程度の計数回数であっても1CPSの差で、発生確率に $1/20 \sim 1/30$ 程度の差しか生じないので、実用上は非常に多数回計数して、ますます許容

観測を10800回（180分）実行したものである。これをピーク値及び選択したCPS（1秒間のパルス数）の発生確率について、計測値と理論上の計算値を下記に示す。

【0036】表1からピーク値や任意に選択したCPSの確率が以下のように読み取れる。

【0037】

範囲に入っていく。計測値のカウント数を下記表1に示す。

【0038】

表1

CPS	回数	CPS	回数	CPS	回数	CPS	回数
171	1	202	60	230	274	258	42
172	1	203	66	231	254	259	41
175	1	204	69	232	286	260	33
176	1	205	92	233	255	261	35
177	1	206	101	234	234	262	28
179	1	207	104	235	281	263	14
180	1	208	127	236	232	264	27
181	1	209	109	237	238	265	14
182	1	210	152	238	244	266	14
183	2	211	151	239	221	267	15
184	2	212	168	240	212	268	10
185	6	213	189	241	182	269	8
186	5	214	175	242	182	270	7
187	5	215	193	243	173	271	5
188	3	216	196	244	175	272	8
189	10	217	230	245	166	273	3
190	8	218	218	246	147	274	1
191	7	219	231	247	153	275	3
192	17	220	262	248	130	276	6
193	20	221	262	249	107	277	2
194	24	222	274	250	103	278	2

195	31	223	253	251	114	279	2
196	28	224	249	252	90	280	1
197	29	225	269	253	67	282	1
198	42	226	284	254	66	375	1
199	40	227	294	255	54	487	1
<u>200</u>	<u>42</u>	228	272	256	65	497	1
201	61	<u>229</u>	<u>298</u>	257	40		

【0039】この表の値をグラフにすると図1のようになる。また、測定回数の10800回を3回繰り返し実行したグラフを図2に示す。計測回数を次第に増大させると、実験値グラフは理論値のガウス分布に、更に接近することが理解できる。この実験値のグラフにしたがって当たり確率を設定する方法は次の通りである。この試作機にはパチンコ機上に許可された $1/220=0.0045$ の確率を与える計数値はないので、実験的に $1/220$ に近い、 $1/257=0.00389$ で説明する。図1に矢印で示すように、まず確率 $1/257=0.00389$ とグラフの交点から計数値200CPSを得て、基準値として、200を予めROM37に設定する。

【0040】実用上の装置の製作上では、ROM37の3個の4ビットのスイッチ76、77、78をこの順に10進数200相当の2進数“000011001000”になるようにプログラミングして回路を焼き付ける。計測の有効期間が $h=1.0$ 秒を与えるように、設

定回路33のデップスイッチ71をプログラミングして回路を焼き付ける。また、計測の有効期間 $h=1.0$ 秒を変更するとグラフのピーク計数値も変化する、各計数値の与える確率も変化する、 $1/220=0.0045$ の確率を得る選択CPSを見つけることができる。この場合は、計測時間を定める設定回路33の分周器70のデップスイッチ71を、有効期間 $h=1.50$ 秒等になるようにプログラミングした回路を焼き付ける。回路の焼き付けは公知の半導体製造技術の手法に従って行う。

【0041】ランダム性を検証するために、ピーク値229CPSと、選択値200CPSとについて測定回数10800以内の発生間隔をしらべて、表2、表3を得た。ピーク値229CPSの発生間隔を表2に示す。表2から明らかのように最小間隔は2、最大間隔は171であり、当たりの発生に規則性がないことが理解できる。

【0042】

表2

発生間隔表示			CPS= 229			測定回数=10800		
73	77	33	49	4	8	48	3	<u>2</u> 113 26 5 21
24	45	77	38	21	12	31	20	36 102 102 128 10
95	10	29	8	82	45	38	82	14 66 12 116 84
9	38	7	87	51	103	52	164	11 32 49 3 14
15	7	46	45	23	60	63	31	30 6 4 49 90
73	14	26	5	28	6	17	83	22 7 98 15 15
24	64	32	18	35	3	18	70	<u>2</u> 69 63 35 41
31	37	50	42	64	23	13	67	3 17 43 120 101
11	39	2	19	20	46	53	28	128 18 58 26 69
30	64	65	76	12	18	36	32	89 17 21 99 <u>2</u>
6	3	92	80	68	102	7	10	49 23 28 239 16
71	39	16	50	19	23	12	11	18 9 <u>2</u> 15 11
55	5	38	18	31	6	43	3	23 11 14 44 46
25	10	24	51	3	36	62	60	50 71 23 34 95
36	14	38	65	46	19	4	10	32 21 60 4 25
29	43	24	16	10	28	28	39	11 2 43 23 10
40	80	2	18	11	27	18	2	36 53 85 7 26
29	28	24	19	18	12	21	7	31 3 17 47 11
6	58	136	15	18	29	164	20	15 44 44 55 20
5	47	128	<u>171</u>	5	32	100	14	7 14 3 14 3
4	66	18	11	16	31	3	30	100 3 66 4 46
21	130	10	7	25	30	4	87	7 15 40 54
6	21	28	18	13	67	90	24	17 52 36 48

【0043】選択計数値200CPSの発生間隔を表3に示す。表3から明らかなように最小間隔は7、最大間隔は1211であり、ここでも規則性がないことが理解できる。

表3

発生間隔表示	CPS= 200	測定回数=10800
88	87	
313	390	
289	115	
102	<u>7</u>	
75	46	
120	789	
211	118	
9	152	
<u>1211</u>	136	
899	194	
78	370	
106	613	
169	7233	
327	76	
249	88	
201	258	
106	185	
220	269	
121		
303		
404		
318		
97		

【0044】計測値を確率の目標値域へ収束させるには、第1にROM37や設定回路33を固定して、核種と検出器との位置を変更し、入放射立体角を変更させて、 $\alpha$ 線の絶対個数を調整する方法がある。また、第2の方法は入放射立体角を固定して、 $\alpha$ 線の絶対個数を一定させて、ROM37や設定回路33の条件を変更するものである。本願のランダムパルス発生装置はパチンコ機等のゲーム機に限定して使用する場合は所定確率1/220等に合わせて、入放射立体角や回路常数を固定する。しかし、一般的に各種のシミュレーションに使用する場合は、入放射立体角や回路常数を変更可能にして、広い範囲の目標に合わせることができる。

【0045】当たり確率を別の値とする他のゲーム機械用にはランダムパルス発生装置の、上記設定する基準値を変更して回路の焼き付けを行うことができる。このような、本願のランダムパルス発生装置を搭載したパチンコ機等では、どの時点でも当たり確率は一定となる。プレイヤーにとっては法定確率以内の当たりが確保され、健全娯楽としてのパチンコ機の普及に貢献する。また従来では、当たりを決めるソフトは不正をまねがれないが、本願は自然現象を利用するので、人為的な不正はで

きなくなる。なお、この実施例では、核種として $^{241}\text{Am}$ の $\alpha$ 崩壊を利用し、 $\alpha$ 崩壊により半導体検出素子が放電するものを、説明したが、RIは別のものでもよい。

## 【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明のランダムパルス発生装置によれば、自然界でランダムな現象として起こるRIの崩壊を利用するので、製造技術や、時間変化による偏りがなく、定時公平な当たり確率を作成できる。また、本願のランダムパルス発生装置を搭載したパチンコ機では当たりが続けて起こると、いわゆる連チャンが起きても1日の単位等、長時間では、当たり確率が一定になり、またパチンコ機の台によるバラツキがなくなる。また、従来では、完成検査ではパチンコ機のROM内に書き込まれたソフトを解読するため、長い時間を要していたが、本願はパチンコ機とは別体に、ランダムパルス発生装置を単体として製作できるので、取扱が簡単になり、検証や試験や製作が容易になる。更に、このランダムパルス発生装置はパチンコ機ばかりでなく乱数を利用するシミュレーション実験に応用できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のランダムパルス発生装置の実測データのグラフ図である。

【図2】本発明のランダムパルス発生装置の多数回の実測データのグラフ図である。

【図3】本発明を説明するためのガウス分布図である。

【図4】本発明のランダムパルス発生装置を当たりの発生を決定する装置に応用した回路のブロック図である。

【図5】本発明に利用する崩壊現象を示す指数関数の図である。

【図6】本発明のランダムパルス発生装置の検出回路と弁別回路部のブロック図である。

【図7】本発明のランダムパルス発生装置の計数回路と比較回路部のブロック図である。

【図8】本発明のランダムパルス発生装置の動作を説明するタイミング図である。

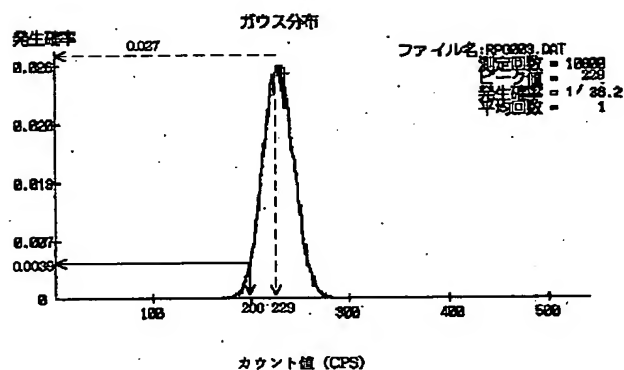
## 【符号の説明】

- 30 放射性カプセル
- 31 検出装置
- 32 弁別回路
- 33 設定回路
- 34 スタート回路
- 36 カウンタ
- 37 ROM
- 38 比較回路
- 39 駆動回路
- 40 表示装置
- 43 前置増幅器
- Rf 時定数抵抗
- Cf 時定数容量
- D 半導体検出素子

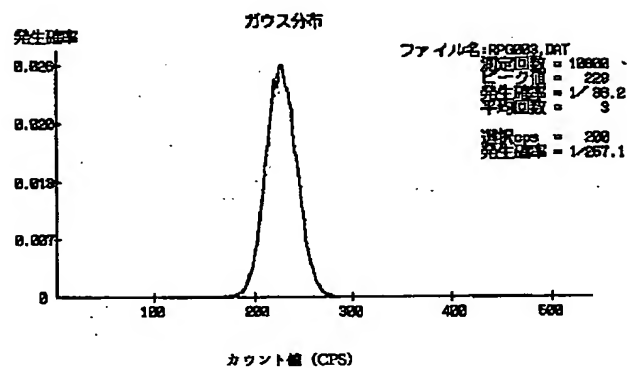
50 第1弁別回路  
 51 第2弁別回路  
 52 第3弁別回路  
 53 キャンセル回路  
 54 第1遅延回路  
 55 第2遅延回路  
 56 第1矩形パルス発生路

58 第2形パルス発生路  
 59 第3矩形パルス発生路  
 60 第1AND回路  
 62 第2AND回路  
 71、76～77 デップスイッチ  
 73～75 カウンタ  
 81、82 比較器

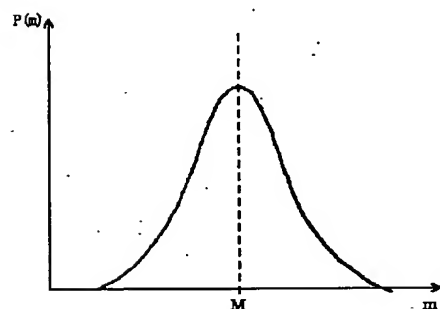
【図1】



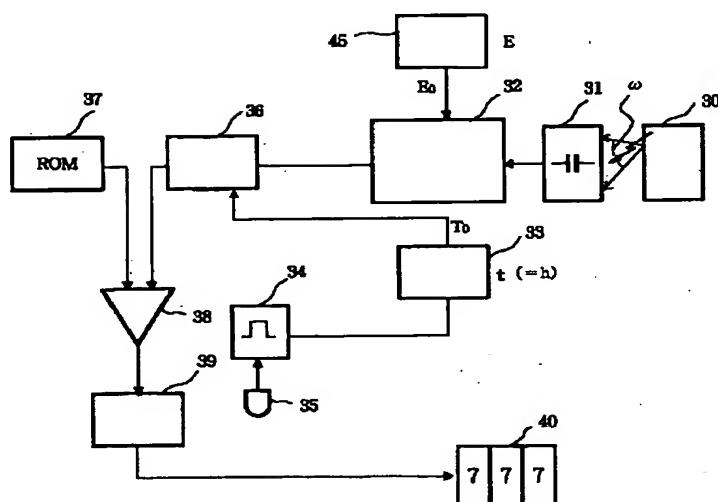
【図2】



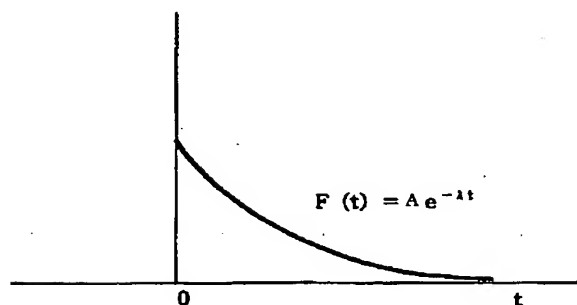
【図3】



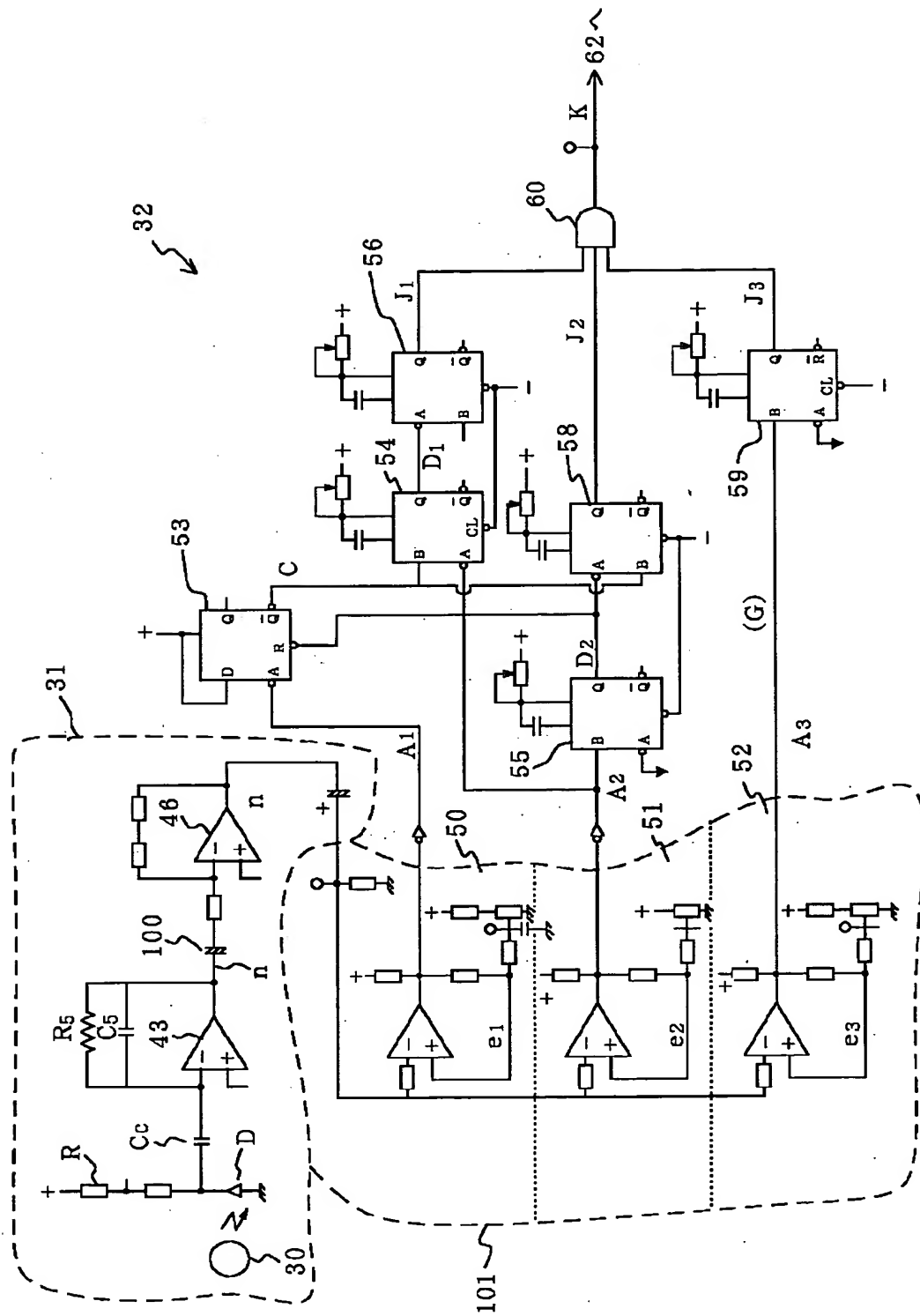
【図4】



【図5】



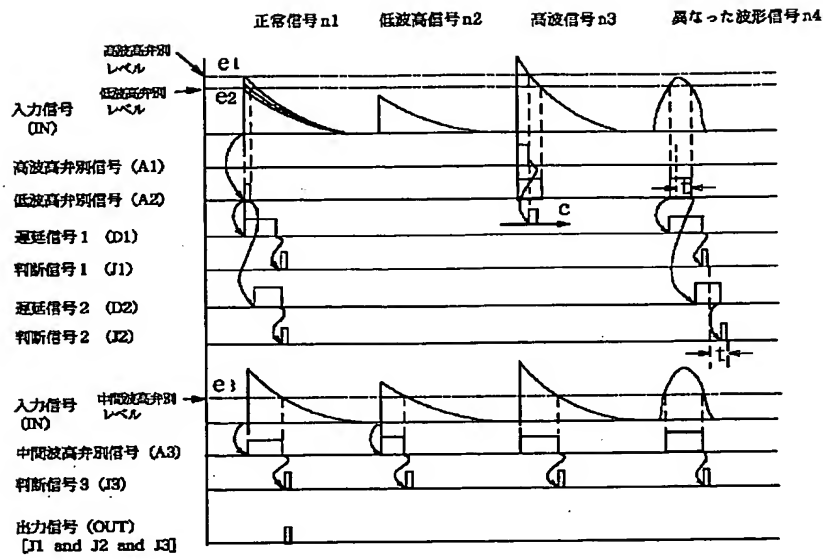
【図6】







【図 8】



【公報種別】 特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】 第 7 部門第 3 区分  
 【発行日】 平成 13 年 9 月 21 日 (2001. 9. 21)

【公開番号】 特開平 7-162275  
 【公開日】 平成 7 年 6 月 23 日 (1995. 6. 23)  
 【年通号数】 公開特許公報 7-1623  
 【出願番号】 特願平 5-340404  
 【国際特許分類第 7 版】

H03K 3/84  
 A63F 7/02 317

【F I】

H03K 3/84 Z  
 A63F 7/02 317

【手続補正書】

【提出日】 平成 12 年 11 月 30 日 (2000. 11. 30)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 全文

【補正方法】 変更

【補正内容】

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ランダムパルス発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 放射性物質が放射する  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  線について、これら各放射線を所定のエネルギーレベルを保有する粒子として捕え、これらの粒子の放射分布が指数関数の分布に従う点と、この指数関数において、放射される前記粒子の個数が、所定時間区間で  $k$  個である確率  $P_k$  は、ポアソンの分布式で表示される点と、前記粒子の個数  $k$  が、一定の確率に従ってランダムに放射されることに着目し、放射線検出回路で検出した粒子の計数値と、予め設定した一定の確率を与える基準値とを比較し、これらが一致した時当たりパルスを発生させるランダムパルス発生装置において、  
 微弱な放射性物質と、放射性物質に対面して配置され所定の被爆立体角を占有するとともに、前記粒子をそのエネルギーレベルに対応した強度の電気信号に変換する半導体検出素子と、この電気信号から時定数信号を発生させて増幅する増幅回路と、この時定数信号が前記粒子に対応した強度範囲のエネルギーレベルであるものを弁別する中波高弁別器と、時定数信号が前記粒子に対応した強度以上の高エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する高波高弁別器と、時定数信号が前記粒子に対応した強度以下の低エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する低波高弁別器と、前記弁別された信号を前記粒子の個数として計数し保持する計数回路と、この計数回路に対して計数動作を継続させる計数時間をプ

ログラミングにより変更可能に設定する設定回路と、目標の確率を与える基準値をプログラミングにより変更可能に設定するメモリと、前記計数時間内に前記計数回路に保持された計数値と前記基準値とを比較し一致したらパルスを出力する比較回路とからなり、

前記被爆立体角と、前記計数時間と、前記基準値を目標確率に合わせて設定して、各種の当たり確率を設定可能にしたことを特徴とするランダムパルス発生装置。

【請求項 2】 前記計数時間について前記粒子が何個放射されるかを多数回計測し、この計測値である個数  $k$  の出現頻度から一定の確率グラフを抽出し、この確率グラフから目標の確率を与える個数の基準値を決定するようにしたことを特徴とするランダムパルス発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、放射性物質からランダムに放射される崩壊粒子の放射線 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  線) を計数することにより、ランダムにパルスを発生させるランダムパルス発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、パチンコ機、ゲーム機において、入賞穴等に玉がはいると、ソフトウェアによって作成された ROM に書込まれた乱数の発生を停止し、その時の乱数と予め設定されていた当たり数値と一致した時、当たりを発生させている。前述した従来の技術では、所定値の数値をある周期で循環させていた為、完全な乱数ではなく当たりに偏りがあった。また、プログラムにより作成された乱数を ROM に書き込んであった為、当たりの確率を変更した ROM と変換したり、ある条件により認可された確率以上の当たりが発生する様なプログラムを、外周から発見されにくい形で ROM に入れることにより、容易に不正が行われることがあった。ちなみに、平成 5 年夏から秋にかけて新聞誌上で、パチンコ店における確率を変更した不正事件が報じられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来のパチンコ機及びゲーム機では、当たりを発生させるランダム数を得る方法として、所定数の数値をある周期で循環させていた。この循環は内部クロックに依存するため、完全な乱数ではなく、当たりに偏りがあるという問題点があった。また、プログラムにより作成された乱数をROMに書き込んであったので、確率を変更したROMと正規のROMとを変換できるという問題があった。本発明は、自然に崩壊する放射線を利用することにより、偏りのない、不正を行うことのできないランダムパルス発生装置を提供することを目的とする。本願に関連する先願には、同一発明者による特願平5-100164号がある。本発明は、当たりに偏りをなくし、より完全な乱数に相当する所定確率下での当たりの発生を決定する方法と、当たりに偏りのないランダムパルス発生装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、放射性物質が放射する $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線について、これら各放射線を所定のエネルギーレベルを保有する粒子として捕え、これらの粒子の放射分布が指数関数の分布に従う点と、この指数関数において、放射される粒子の個数が、所定時間区間で $k$ 個である確率 $P_k$ は、ポアソンの分布式で表示される点と、粒子の個数 $k$ が、一定の確率に従ってランダムに放射されることに着目し、放射線検出回路で検出した粒子の計数値と、予め設定した一定の確率を与える基準値とを比較し、これらが一致した時当たりパルスが発生させるランダムパルス発生装置において、微弱な放射性物質と、放射性物質に対面して配置され所定の被爆立体角を占有するとともに、粒子をそのエネルギーレベルに対応した強度の電気信号に変換する半導体検出素子と、この電気信号から時定数信号を発生させて増幅する増幅回路と、この時定数信号が前記粒子に対応した強度範囲のエネルギーレベルであるものを弁別する中波高弁別器と、時定数信号が粒子に対応した強度以上の高エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する高波高弁別器と、時定数信号が粒子に対応した強度以下の低エネルギーレベルであるものをノイズとして区別する低波高弁別器と、弁別された信号を粒子の個数として計数し保持する計数回路と、この計数回路に対して計数動作を継続させる計数時間をプログラミングにより変更可能に設定する設定回路と、目標の確率を与える基準値をプログラミングにより変更可能に設定するメモリと、計数時間内に計数回路に保持された計数値と基準値とを比較し一致したらパルスを出力する比較回路とからなるランダムパルス発生装置とした。

## 【0005】

$$P_k = e^{-\lambda t} \cdot (\lambda h)^k / k! \cdots (2)$$

ここで $k=0$ で1, 2, 3,  $\cdots$ ,  $k!$ は $k$ の階乗で

【作用】被爆立体角と、計数時間と、基準値を目標確率に合わせて設定して、各種の当たり確率を設定可能にした。RIの自然崩壊する確率を、発生確率に利用することにより、自然なランダムな確率を発生し、また、数値演算に応じて各種確率を必要に応じて発生できる。

## 【0006】

【実施例】次に、本発明を図面に従って説明する。本発明の実施例について図面を参照して説明する。図5は本発明に係るランダムパルス発生装置の原理を示す図である。天然または人工放射性物質の核種は、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線を放射して自然崩壊する、その際、各物質固有の所定の崩壊定数に従って崩壊する。平成5年11月24日の日経新聞夕刊10頁に記載があるように、不安定原子が放射線を出して他の原子になる過程（崩壊）は”原子の種類によってきまる一定の確率”で起こるものである。本願では人体に影響のない微量の放射性物質を利用する。微量の放射性物質には本願では英国のAmersham社製の日本で広く煙検知器に利用されているアメリカン<sup>241</sup>Amを利用している。このような放射性物質から相次で、放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線は所定の時間間隔で検出される。簡単のために、 $\alpha$ 線に注目して説明する。例えば、アメリカン<sup>241</sup>Amでは、 $\alpha$ 線（ヘリウム原子）がある単位時間に $A$ 個放出される（1～500個/秒）。しかしながら、ある単位時間に $A$ 個放出されるといっても、自然現象であるため、ある単位時間に20個放出される場合、36個放出される場合、全然放出のない場合等がある。ただ長時間計測すれば、ある単位時間に一の確率で $A$ 個放出され、他の確率で $B$ 個放出されるという事実である（詳細は後述する）。

【0007】自然崩壊を表す指数分布の関数は図5のグラフを表す式、

$$F(t) = A e^{-\lambda t} \cdots (1)$$

で表される密度関数である。以下 $\{\}$ 内は指数を示す。この平均値は $1/\lambda$ となる。この平均値は、 $\alpha$ 線1個の放射時間間隔の平均値に当たり、従ってある単位時間に検出される $\alpha$ 線の個数は $1/(1/\lambda) = \lambda$ となる。この $\lambda$ の崩壊定数は、アメリカン<sup>241</sup>Amについてのみならず、現存する核種についてはほぼ正確に知られている。 $\alpha$ 線の放射を検出するには検出時間間隔を測定するよりもある時間帯に放射される $\alpha$ 線の個数を検出するのが簡単である。アメリカンの崩壊は1個の $\alpha$ 線の放射時間間隔が指数関数 $F$ に合うので、ある時間帯に放射される $\alpha$ 線の個数を検出すればよい。

【0008】放射分布が指数分布を示す関数 $F(t) = A e^{-\lambda t}$ に従う時、任意の時間 $a$ における観測時間区間 $h$ 、 $(a, a+h)$ 内に崩壊する $\alpha$ 線の個数が $k$ 個である確率 $P_k$ は、次の式で表示できる。

ある。この分布はポアソン分布であり、時間区間の始点

aに無関係で、その平均値は $\lambda h$ である。よって単位時間に放射される平均 $\alpha$ 線数は $h=1$ 時間として $\lambda$ となる。式(2)を、個数 $k$ について解き、次の式を得る。即ち、

$$k = G(e \cdot P_k \cdot \lambda \cdot h) \cdots (3)$$

となる。ここで、 $e$ は自然対数、 $\lambda$ はアメリシウム $A_m$ の崩壊定数、確率 $P_k$ を例えば $1/220$ とし、 $h$ をCPU等の制御回路のclockの周波数 $f$ または $1/f$ で適当に設定する。

【0009】確率 $P_k = 1/220$ はパチンコ機業界や法律で定めた当たり確率であり、適度の射幸心を誘い、ギャンブル性に走らない、健全なゲームであるための適正確率である。また周波数 $f$ は現在のCPUでは20MHzなので $h$ も確定できる。また、 $k$ は所定の検出器で検出できる $\alpha$ 線の粒子数である。さて、本願発明者は上記RIによる乱数の原理を解明し、例えば $\alpha$ 線の粒子数を検出する放射線検出装置を応用したランダムパルス発生装置を製作した。

【0010】図4において、放射性カプセル30には、人体に無害な微量の $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線を放出する人工の放射性核種のアメリシウム $^{241}Am$ が格納されている。この放射性カプセル30から放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線は検出装置31により検出される。検出装置31は放射性カプセル30に接近して検出面を対向して配置してある。放射線は検出装置31でエネルギーレベルに対応した電気信号に変換される。この検出装置31はアメリシウム $Am$ から放射される $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線から、検出装置31が占有する立体角 $\omega$ 内の全粒子を1個づつ漏れなく検出し、検出信号を弁別回路32に出力する。弁別回路32はこれら全放射粒子の信号中から特定の放射能 $\alpha$ 線をエネルギースペクトルに従って選択し、かつ設定された所定の時間 $h$ 以内に選択された $\alpha$ 線を計数する。弁別回路32は計数した値(個数)をカウンタ36に出力する。カウンタ36には崩壊 $\alpha$ 線の計数された個数が、設定時間 $h$ (1秒前後)の分累計されて保持される。

【0011】弁別回路32には設定回路33から所定の時間間隔 $h$ (計測時間)が、可変抵抗器等の入力装置45から、放射性粒子のエネルギーレベルがそれぞれ設定される。カウンタ36の累計値 $x$ と、読み出し専用メモリROM37内の基準値 $k_0$ とが比較回路38で比較される。ROM37には予め当該 $\alpha$ 線について、例えば、確率 $P_k = 1/220$ を与える個数 $k_0$ の定数が記録されている。確率 $P_k$ が $1/220$ 以外なら基準値 $k_0$ も変化する。比較回路38は値 $x$ と固定値 $k_0$ とが一致したら、駆動回路39に一致信号 $p$ を出力する。この一致信号 $p$ を受けて、駆動回路39は電子表示装置40に、当たりの表示を出力する。

【0012】一致信号 $p$ がなければ、駆動回路39は外れの表示を出力し、外れの数字が表示される。値 $x$ が固定値 $k_0$ になるかどうかは $1/220$ の確率的なもの

で、このため一致信号 $p$ も $1/220$ の確率で乱数的に発生する。設定回路33はスタート回路34から起動パルスを受け、計測時間のマスクを開く。センサー34は、パチンコ機では入賞口35に玉が入ったことを検知して起動パルスを発生する。

【0013】図4の放射性カプセル30、検出装置31、弁別回路32、設定回路33、ROM37の構成および機能を図6、7で更に詳しく説明する。本願発明者は、放射性カプセル30と検出装置31とを銅缶の中に封入して、核種に対する放射空間における占有立体角 $\omega$ を固定し、被爆線量の安定化を実現した。検出装置31の被爆線量が安定しないと、計測値が不正確になり、安定した確率を得られなくなる。検出装置31は、ここでは半導体検出器のPINダイオードを例に説明する。他に電離箱、GM管、シンチレーションカウンタ、比較計数管、他の半導体検出器、例えばGe検出器等も検出装置に利用出来る。

【0014】図6において、検出装置31はPINダイオードDと結合コンデンサーCcと保護抵抗Rと前置増幅器43と時定数を設定する抵抗Rf及びコンデンサーCfと増幅器46から構成されている。PINダイオードDが検出した微弱信号は前置増幅器43、増幅器46で放射線の強度に比例した電圧レベルをもつ放電型のパルス信号に増幅される。ここで前置増幅器43は、FET、トランジスタ等ディスクリート部品で構成した市販のものがあるが、構成部品点数を削減するため本願ではFET入力オペアンプを使用している。増幅器43と増幅器46とは電源電圧を片電源で使用している為、コンデンサ100を介して結合されている。

【0015】PINダイオードDは市販の金属缶封印型を頂面の金属部分を取り去ってシリコン素子の表面を露出させて使用する。放射性カプセル30にPINダイオードDのシリコン面を対向させて、箱形の金属缶内に納めて外部から(天然) $\alpha$ 線が侵入し易いようにした。バイアス電圧Vは保護抵抗Rを介してPINダイオードDに印加され、PINダイオードDはp-n結合の半導体であって、荷電した $\alpha$ 線が侵入すると不安定電子や不安定正ホールが移動し、いわゆる通電し、PINダイオードDの両端に電圧変動が発生する。

【0016】この変動電圧は微弱なもので結合コンデンサーCcを介して前置増幅器43に送られ、そこで電流増幅される。この増幅電流は抵抗Rf及びコンデンサーCfとにより帰還されて、一般に公知の放電電圧カーブを描く時定数信号nを増幅器46に出力する。増幅器46はこの時定数信号nを増幅し、弁別回路32に出力する。図6において、弁別回路32は3回路からなる弁別回路101を備え、各弁別回路は第1比較回路50、第2比較回路51、第3比較回路52からそれぞれ構成されている。各比較回路50~52は集積回路(IC)であり、増幅器46から出力される信号を、放射線による

信号と外来のノイズとを分離するための弁別回路である。第1比較回路50は比較用の高電圧e1と時定数信号nとを、第2比較回路51では比較用の低電圧e2と時定数信号nとを、また第3比較回路52は比較用の中間位置電圧e3と時定数信号nとをそれぞれ比較する。

【0017】第1比較回路50の一方の入力端に印加される基準電圧e1は図8に示す高波高を弁別する上限電圧で、弁別回路の第1比較回路50は高波高すなわち、高い電圧のパルスをノイズと見なし弁別する回路である。第2比較回路51の一方の入力端に印加される基準電圧e2は図8に示す下限波高を弁別する低い電圧で、この弁別回路は低波高すなわち逆に低い電圧のパルスをノイズと見なし弁別する回路である。第3比較回路52の一方の入力端に印加される基準電圧e3は時定数信号nそのものの波高の中間の電圧(e1とe2の間ではない)で、この弁別回路は、中間以上の電圧で弁別し、タイミング信号を発生させる。中間の電圧は、正確には図8に示す時定数信号n(全信号をまず拾い、後で区別するため)の中間位置の電圧である。これら各基準電圧はe1、e2、e3の順に低くなっており、エネルギーレベルによって予め決定された通りに設定されている。

【0018】荷電した $\alpha$ 線が半導体検出素子に侵入して、結合の弱い不安定電子や不安定正ホールを移動させて、PINダイオードDの両端に電圧変動を発生させる。フリップフロップの集積回路(IC)からなるキャンセル回路53、第1遅延回路54、第1矩形パルス発生回路56、第2遅延回路55、第2矩形パルス発生回路58、第3矩形パルス発生回路59は、弁別回路の各比較回路50～52によって弁別された信号のタイミング調整回路である。これらの相互動作について図8を参照して以下に説明する。

【0019】第1比較回路50は時定数信号nがe1より高いノイズであると、第1弁別信号A1をキャンセル回路53に出力し、キャンセル回路53は第1弁別信号A1をうけてキャンセル信号cを出力する。

【0020】第2比較回路51は時定数信号nがe2より高い $\alpha$ 線の信号であると、第2弁別信号A2を第1遅延回路54に出力し、第1遅延回路54は第2弁別信号A2を受けてその立ち上がり時に、第2弁別信号A2よりも持続時間が約数倍長い第1遅延信号D1を第1矩形パルス発生回路56に出力する。第1矩形パルス発生回路56は第1遅延信号D1を受けてその立ち下がり時に、第1判定信号J1を出力する。キャンセル回路53からのキャンセル信号cは第1遅延回路54に送られており、キャンセル信号cを第1遅延回路54が受信した時には、第1遅延信号D1の出力を停止する。

【0021】第2弁別信号A2はまた第2遅延回路55にも出力され、第2遅延回路55は、第2弁別信号A2を受けてその立ち下がり時に、第2遅延信号D2を第2矩形パルス発生回路58に出力する。この第2遅延信号

D2は第2弁別信号A2よりも持続時間が約数倍長く、第1遅延信号D1と終了時間が同時である。第2矩形パルス発生回路58は第2遅延信号D2を受けてその立ち下がり時に、第2判定信号J2を出力する。キャンセル回路53からのキャンセル信号cは第2矩形パルス発生回路58にも送られており、キャンセル信号cを第2矩形パルス発生回路58が受信した時には、第2判定信号J2の出力を停止する。これはe2より高い電圧は、 $\alpha$ 線の信号と高波高のノイズ信号も含み、ノイズ信号はキャンセル信号cで排除している。

【0022】第3比較回路52は時定数信号nがe3より高いと結果として第3弁別信号A3を第3矩形パルス発生回路59に出力する。第3矩形パルス発生回路59は第3弁別信号A3を受けてを受けてその立ち下がり時に、第3判定信号J3を出力する。3種の第1、2、3判定信号J1、J2、J3は第1AND回路60の条件入力端に入力され、第1AND回路60はこれら3種の条件が揃うと検出信号Kを第2AND回路62の一方の条件入力端に出力する。図7において、第2AND回路62の他方の入力端には、設定回路33からマスクパルスhが入力されている。このマスクパルスhの持続時間の間、第2AND回路62は順次到来した検出信号Kを取り込み、カウンタ36に出力する。カウンタ36は計数機能を備えた到来した検出信号Kを累積しながら保持する。

【0023】前置増幅器43と増幅器46の増幅度や規格が設定されると、増幅器46から出力される時定数信号n、即ち電圧変動値は、 $\alpha$ 線について予測でき、 $V = V_0 \cdot e^{-a \cdot R_f \cdot C_f \cdot t}$ で決定ができる。具体的には、 $\alpha$ 線の場合は、全体的に弁別回路32の設計仕様に合わせて決まるその電圧変動値は、高い電圧がe1と低い電圧がe2との間になるように決定する。従って、本実施例の弁別回路32上では、観測した電圧変動値が高い電圧e1と低い電圧e2との間の時のみ、 $\alpha$ 線として計数するようにする。電圧変動値が高い電圧e1以上の場合には、その影響をもたらした原因は落雷やモーター等の火花による高いエネルギーによる場合が殆どであり、 $\alpha$ 線ではないので雑音と見做し、粒子数には計数しない。また、電圧変動値が低い電圧e2以下の場合には、減衰した自然放射線であったり、PINダイオードDの内蔵雑音による場合が殆どであり、 $\alpha$ 線ではないので雑音として計数しない。

【0024】電圧変動値は本実施例の弁別回路32では、0Vから約3.5Vの間である、従って高い電圧e1を4.5Vに、低い電圧e2を1.3Vに設定した。また、時定数信号nの放電時間は最大40 $\mu$ secであり、1秒間に3万～4万個の $\alpha$ 線(ヘリウム粒子)が到来しても計数可能な分解精度である。アメリカシウム崩壊数はせいぜい約1～500個/秒であるので、回路上の信号遅れやパルスの立ち上がり精度のバラツキ等を計

算にいれても、高い精度で検出が可能である。

【0025】さて、図8において、横軸には時間の経過とともに放電する各種の時定数信号 $n$ を $n1$ 、 $n2$ 、 $n3$ 、 $n4$ に、縦軸には図1の弁別回路32の各点での信号波形を波高の形に、示している。まず、電圧変動値が $\alpha$ 線（ヘリウム粒子）を示す、いわゆる正定信号 $n1$

（高い電圧 $e1$ と低い電圧 $e2$ との間の時のとき）は、低い電圧 $e2$ 以上の電圧変動値の部分が図1の第2比較回路51にて検出されて（高い電圧 $e1$ はないので第1比較回路50では何も検出されず）、第2弁別信号 $A2$ が生成され、第1遅延回路54に出力される。この第2弁別信号 $A2$ は立ち上がりと同時に第1遅延回路54で幅広の第1遅延信号 $D1$ を発生し、第1矩形パルス発生回路56に出力する。この第2弁別信号 $A2$ は第2遅延回路55にも出力され、この第2弁別信号 $A2$ は立ち下がりと同時に第2遅延回路55でやや幅広の第2遅延信号 $D2$ を発生し、第2矩形パルス発生回路58に出力する。第1矩形パルス発生回路56は第1遅延信号 $D1$ を受けてその立ち下がり第1判定信号 $J1$ を60に出力し、同時に第2遅延回路58は第2遅延信号 $D2$ を受けてその立ち下がり（持続時間は $D1 > D2$ で立ち下がり一致するように設定される）で、第2判定信号 $J2$ を第1AND回路60に出力する。

【0026】また、電圧 $e3$ 以上の部分に相当する中間位置の電圧部分が第3比較回路52にて検出されて、第3弁別信号 $A3$ が生成され第3矩形パルス発生回路59に出力される。この第3弁別信号 $A3$ の立ち下がりと同時に第3矩形パルス発生回路59は第3判定信号 $J3$ を発生し、第1AND回路60に出力する。第1AND回路60は、第1判定信号 $J1$ 、第2判定信号 $J2$ 、第3判定信号 $J3$ 、が全部揃った時にのみ、検出信号 $K$ を出力する。これまでを整理すると、図8に示す様に、低波高検出電圧より高く、高波高検出電圧より低い信号パルスを放射線により発生したパルスと見なし、これに中間波高値により発生させたタイミング信号を第1AND回路60に加えて、検出対象である放射線による信号のみを通過させる。なお、これらの信号のタイミングを取るためにパルス幅を制御できるマルチバイブレータを使用しているが、一般的に発振子による周波数を計数とすることによってパルス幅を制御することが可能である。

【0027】第1AND回路60は、第1判定信号 $J1$ 、第2判定信号 $J2$ 、第3判定信号 $J3$ 、が全部揃った時にのみ、検出信号 $K$ を第2AND回路62に出力する。第2AND回路62は設定回路33からパルスの形式で与えられた有効期間 $h$ に到来（発生）する検出信号 $K$ を通過させて、カウンタレジスタ36に出力する。図6において、全ての波高弁別信号 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ を計測することにより、本装置が正常に作動しているか否かの確認が出来る。全ての波高弁別信号 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ を計測し何れの信号が定期的に発生しているのかを検出

することにより、不正が行われているか否かを監視することが出来る。図4の設定回路33、カウンタ36、ROM37、比較回路38について図7で詳しく説明する。設定回路33は発振器を内蔵する分周器70と6回路のデブスイッチ71からなり、デブスイッチ71の各スイッチを適宜オン・オフして2進数を設定する。各スイッチのオン・オフは6個の給電抵抗を接地したり、非接地して分周器70の各端子をLow/Highに設定する。かくして分周器70の分周比を決め、計測の有効期間 $h$ を例えば0.2、0.4、0.5、0.8、1.0、1.5秒等に設定できる。

【0028】計数値を受けるカウンタ36は3の個のシフトレジスタ73、74、75、からなり、加算器を構成する4ビットのシフトレジスタ73、74、75は直列に接続されている。従って、12ビットであり、2の12乗、 $16 \times 16 \times 16$ までのパルス数を保持できる。ROM37は3個の4ビットのデブスイッチ76、77、78から構成され、各スイッチのオン・オフは16個の給電抵抗を接地したり、非接地にする。各スイッチのオン・オフにより16ビットの各端子をLow/High（0、1）に設定し、16ビットの2進数を表現できる。

【0029】比較回路38は2個の8ビット比較器80、81からなり、16ビットの比較が可能であるが、比較相手のカウンタ36が12ビットであるため、上位の比較器81の上位4ビットは使用していない。比較回路38の比較器80、81の一方の各端子には、ROM37のデブスイッチ76、77、78のオン・オフによるLow/High信号と、他方の各端子にはカウンタ36のシフトレジスタ73、74、75の端子からLow/High信号とがそれぞれ与えられている。上位の比較器81の上位4ビット用の両側の端子は共に接地されている。なお図では接地を逆三角で示している。

【0030】比較回路38はROM37の設定値とカウンタ36の計数値とを各ビット毎に比較する。下位比較器80と上位比較器81からの一致信号はAND回路82で集計されて1個のパルスを出力する。さて、ここでカウンタ36には、分周器70で決めた計測の有効期間 $h$ を例えば1.0秒間に、計数（加算）した値が保持されている。この計測値とROM37の設置値（基準値）が一致した場合に比較回路38はパルスを出力するが、このパルスを当たりとして使用する。一致の割合は目標の確率例えば、 $1/220$ としている。

【0031】このように弁別されたパルスをカウンタ36のシフトレジスタ73、74、75で加算する。ある時間単位で計数された値は、比較回路の比較器80、81によって、あらかじめROM37のデブスイッチ76、77、78に設定されている基準値と比較され一致した場合のみ、当たりのパルスを出力する。設定回路33の分周器70と6回路のデブスイッチ71は、放射

線による信号パルスを加算する時間間隔を設定する。カウンタ36のシフトレジスタ73、74、75は、当たりの有無を終了した後リセット信号Rによって計数毎にクリアされる。

【0032】ある一定時間に崩壊する放射線（計数値）は確率法則に従う現象であるから、一定の放射線源を一定時間計数しても、その計数値は常に一定値にはならず、ある平均値Mの付近に分散した値が得られる。この分散はポアリンの分布式で与えられる。ここで

$p(m)$  は、一定時間にmカウント（パルス数）が得られる確率  
Mは多数回測定した時のmの平均値とし、Mが数十以上になるとガウスの分布式〔 〕内は指数を表すと近似的に等しくなる。（図3参照）

【0033】いま、1秒間に356の計数値が得られる放射線と検出器、物理幾何条件を形成した場合、(2)式で計数値が356となる確率は47分の1となる。パチンコ業界や法律で決められた当たりの確率220分の1は、1秒間の計数値が約322.6の時に得られる。この確率は常に一定ではなく、ある時は数回計数しただけで一致する場合、数百回計数しても一致しない場合等があり、ただ多数回計数した場合、所定の確率になるということであ

測定値	計算値	
測定回数	10800回	
ピーク値	229CPS	
発生確率	$298/10800 = 1/36.2$	$1/37.9$
	0.0275	
選択CPS	200CPS	
発生確率	$42/10800 = 1/257.1$	$1/237$
	0.00389	

であり、選択CPSの発生確率にズレが生じている。しかし

る。

【0034】したがって、例えば確率220分の1となる基準値322を、予めROM37に設定しておき、パチンコ機の入賞穴に玉が入った時の計数値が295になったとする。計数値がを比較回路38において、設定した基準値と一致した時、当たりとすればランダムな当たりをもつパチンコ機となる。また、放射線源の放射強度（崩壊数）も立体角内で変更できる範囲があるので、カプセル30の放射線源と検出ダイオードの距離を調整可能な構造としてある。

【0035】本願発明者が試作した アメリシウムAmの $\alpha$ 線（ヘリウム粒子）を計数するランダムパルス発生装置の観測実験結果を以下に示す。発生確率について、表1の測定データは、1秒（設定回路33からパルスの形式で与えられた有効期間 $t_h = 1.0$ 秒）毎に計数する観測を10800回（180分）実行したものである。これをピーク値及び選択したCPS（1秒間のパルス数）の発生確率について、計測値と理論上の計算値を下記に示す。

【0036】表1からピーク値や任意に選択したCPSの確率が以下のように読み取れる。

【0037】

選択CPS	発生確率 測定値	発生確率 計算値
199CPS	$1/270$	$1/270$
200CPS	$1/257$	$1/237$
201CPS	$1/177$	$1/210$
202CPS	$1/180$	$1/186$
203CPS	$1/164$	$1/167$

のように、この程度の計数回数であっても1CPSの差で、発生確率に $1/20 \sim 1/30$ 程度の差しか生じないので、実用上は非常に多数回計数して、ますます許容

範囲に入っていく。計測値のカウント数を下記表1に示す。

【0038】

表1

CPS	回数	CPS	回数	CPS	回数	CPS	回数
171	1	202	60	230	274	258	42
172	1	203	66	231	254	259	41
175	1	204	69	232	286	260	33
176	1	205	92	233	255	261	35
177	1	206	101	234	234	262	28
179	1	207	104	235	281	263	14



180	1	208	127	236	232	264	27
181	1	209	109	237	238	265	14
182	1	210	152	238	244	266	14
183	2	211	151	239	221	267	15
184	2	212	168	240	212	268	10
185	6	213	189	241	182	269	8
186	5	214	175	242	182	270	7
187	5	215	193	243	173	271	5
188	3	216	196	244	175	272	8
189	10	217	230	245	166	273	3
190	8	218	218	246	147	274	1
191	7	219	231	247	153	275	3
192	17	220	262	248	130	276	6
193	20	221	262	249	107	277	2
194	24	222	274	250	103	278	2
195	31	223	253	251	114	279	2
196	28	224	249	252	90	280	1
197	29	225	269	253	67	282	1
198	42	226	284	254	66	375	1
199	40	227	294	255	54	487	1
200	42	228	272	256	65	497	1
201	61	229	298	257	40		

【0039】この表の値をグラフにすると図1のようになる。また、測定回数の10800回を3回繰り返し実行したグラフを図2に示す。計測回数を次第に増大させると、実験値グラフは理論値のガウス分布に、更に接近することが理解できる。この実験値のグラフにしたがって当たり確率を設定する方法は次の通りである。この試作機にはパチンコ機上に許可された $1/220=0.0045$ の確率を与える計数値はないので、実験的に $1/220$ に近い、 $1/257=0.00389$ で説明する。図1に矢印で示すように、まず確率 $1/257=0.00389$ とグラフの交点から計数値200CPSを得て、基準値として、200を予めROM37に設定する。

【0040】実用上の装置の製作上では、ROM37の3個の4ビットのスイッチ76、77、78をこの順に10進数200相当の2進数“000011001000”になるようにプログラミングして回路を焼き付ける。計測の有効期間が $h=1.0$ 秒を与えるように、設

定回路33のデブスイッチ71をプログラミングして回路を焼き付ける。また、計測の有効期間 $h=1.0$ 秒を変更するとグラフのピーク計数値も変化する、各計数値の与える確率も変化する、 $1/220=0.0045$ の確率を得る選択CPSを見つけることができる。この場合は、計測時間を定める設定回路33の分周器70のデブスイッチ71を、有効期間 $h=1.50$ 秒等になるようにプログラミングした回路を焼き付ける。回路の焼き付けは公知の半導体製造技術の手法に従って行う。

【0041】ランダム性を検証するために、ピーク値229CPSと、選択値200CPSとについて測定回数10800以内の発生間隔をしらべて、表2、表3を得た。ピーク値229CPSの発生間隔を表2に示す。表2から明らかのように最小間隔は2、最大間隔は171であり、当たりの発生に規則性がないことが理解できる。

【0042】

表2

発生間隔表示						CPS= 229						測定回数=10800					
73	77	33	49	4	8	48	3	2	113	26	5	21					
24	45	77	38	21	12	31	20	36	102	102	128	10					
95	10	29	8	82	45	38	82	14	66	12	116	84					
9	38	7	87	51	103	52	164	11	32	49	3	14					
15	7	46	45	23	60	63	31	30	6	4	49	90					
73	14	26	5	28	6	17	83	22	7	98	15	15					
24	64	32	18	35	3	18	70	2	69	63	35	41					
31	37	50	42	64	23	13	67	3	17	43	120	101					

11	39	2	19	20	46	53	28	128	18	58	26	69
30	64	65	76	12	18	36	32	89	17	21	99	<u>2</u>
6	3	92	80	68	102	7	10	49	23	28	239	16
71	39	16	50	19	23	12	11	18	9	<u>2</u>	15	11
55	5	38	18	31	6	43	3	23	11	14	44	46
25	10	24	51	3	36	62	60	50	71	23	34	95
36	14	38	65	46	19	4	10	32	21	60	4	25
29	43	24	16	10	28	28	39	11	2	43	23	10
40	80	2	18	11	27	18	2	36	53	85	7	26
29	28	24	19	18	12	21	7	31	3	17	47	11
6	58	136	15	18	29	164	20	15	44	44	55	20
5	47	128	<u>171</u>	5	32	100	14	7	14	3	14	3
4	66	18	11	16	31	3	30	100	3	66	4	46
21	130	10	7	25	30	4	87	7	15	40	54	
6	21	28	18	13	67	90	24	17	52	36	48	

【0043】選択計数値200CPSの発生間隔を表3に示す。表3から明らかのように最小間隔は7、最大間

隔は1211であり、ここでも規則性がないことが理解できる。

表3

発生間隔表示	cps=200	測定回数=10800
88	87	
313	390	
289	115	
102	<u>7</u>	
75	46	
120	789	
211	118	
9	152	
<u>1211</u>	136	
899	194	
78	370	
106	613	
169	7233	
327	76	
249	88	
201	258	
106	185	
220	269	
121		
303		
404		
318		
97		

【0044】計測値を確率の目標値域へ収束させるには、第1にROM37や設定回路33を固定して、核種と検出器との位置を変更し、入放射立体角を変更させて、 $\alpha$ 線の絶対個数を調整する方法がある。また、第2の方法は入放射立体角を固定して、 $\alpha$ 線の絶対個数を一定させて、ROM37や設定回路33の条件を変更するものである。本願のランダムパルス発生装置はパチンコ機等のゲーム機に限定して使用する場合は所定確率1／

220等に合わせて、入放射立体角や回路常数を固定する。しかし、一般的に各種のシュミレーションに使用する場合は、入放射立体角や回路常数を変更可能にして、広い範囲の目標に合わせることができる。

【0045】当たり確率を別の値とする他のゲーム機械用にはランダムパルス発生装置の、上記設定する基準値を変更して回路の焼き付けを行うことができる。このような、本願のランダムパルス発生装置を搭載したパチン

コ機等では、どの時点でも当たり確率は一定となる。プレイヤーにとっては法定確率以内の当たりが確保され、健全娯楽としてのパチンコ機の普及に貢献する。また従来では、当たりを決めるソフトは不正をまねがれないが、本願は自然現象を利用するので、人為的な不正はできなくなる。なお、この実施例では、核種として $^{241}\text{Am}$ の $\alpha$ 崩壊を利用し、 $\alpha$ 崩壊により半導体検出素子が放電するものを、説明したが、RIは別のものでもよい。

【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明のランダムパルス発生装置によれば、自然界でランダムな現象として起こるRIの崩壊を利用するので、製造技術や、時間変化による偏りがなく、定時公平な当たり確率を作成できる。また、本願のランダムパルス発生装置を搭載したパチンコ機では当たりが続けて起こると、いわゆる連ちゃんが起きても1日の単位等、長時間では、当たり確率が一定になり、またパチンコ機の台によるバラツキがなくなる。また、従来では、完成検査ではパチンコ機のROM内に書き込まれたソフトを解読するため、長い時間を要していたが、本願はパチンコ機とは別体に、ランダムパルス発生装置を単体として製作できるので、取扱が簡単になり、検証や試験や製作が容易になる。更に、このランダムパルス発生装置はパチンコ機ばかりでなく乱数を利用するシュミレーション実験に応用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のランダムパルス発生装置の実測データのグラフ図である。

【図2】本発明のランダムパルス発生装置の多数回の実測データのグラフ図である。

【図3】本発明を説明するためのガウス分布図である。

【図4】本発明のランダムパルス発生装置を当たりの発生を決定する装置に応用した回路のブロック図である。

【図5】本発明に利用する崩壊現象を示す指数関数の図である。

【図6】本発明のランダムパルス発生装置の検出回路と

弁別回路部のブロック図である。

【図7】本発明のランダムパルス発生装置の計数回路と比較回路部のブロック図である。

【図8】本発明のランダムパルス発生装置の動作を説明するタイミング図である。

【符号の説明】

- 30 放射性カプセル
- 31 検出装置
- 32 弁別回路
- 33 設定回路
- 34 スタート回路
- 36 カウンタ
- 37 ROM
- 38 比較回路
- 39 駆動回路
- 40 表示装置
- 43 前置増幅器
- Rf 時定数抵抗
- Cf 時定数容量
- D 半導体検出素子
- 50 第1弁別回路
- 51 第2弁別回路
- 52 第3弁別回路
- 53 キャンセル回路
- 54 第1遅延回路
- 55 第2遅延回路
- 56 第1矩形パルス発生回路
- 58 第2形パルス発生回路
- 59 第3矩形パルス発生回路
- 60 第1AND回路
- 62 第2AND回路
- 71、76～77 デップスイッチ
- 73～75 カウンタ
- 81、82 比較器